

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
28 avril 2005 (28.04.2005)

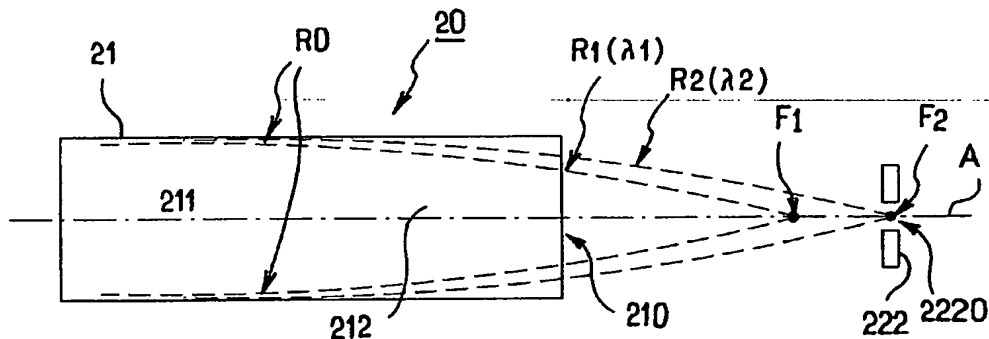
PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2005/038822 A2

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : G21K 1/06 (72) Inventeur; et  
(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : CHOI, Peter  
[FR/FR]; 33, rue de la Corniche, F-91400 Orsay (FR).
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2004/002656
- (22) Date de dépôt international : 18 octobre 2004 (18.10.2004) (74) Mandataires : MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet  
Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17  
(FR).
- (25) Langue de dépôt : français (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,  
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 031 2202 17 octobre 2003 (17.10.2003) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : EPPRA  
[FR/FR]; 16, avenue du Québec, Parc d'Affaires Silic de  
Villebon Courtaboeuf, F-91140 Villebon sur Yvette (FR).
- [Suite sur la page suivante]

(54) Title: PLASMA SOURCE OF DIRECTED BEAMS AND APPLICATION THEREOF TO MICROLITHOGRAPHY

(54) Titre : SOURCE A PLASMA DE RAYONS DIRIGES ET APPLICATION A LA MICROLITHOGRAPHIE



(57) Abstract: The invention relates to a method for generating radiation in a range of desired wavelengths in a direction of emission. According to said method, initial radiation is produced by a radiation source, the wavelengths thereof including said desired range, and said initial radiation is filtered in such a way as to substantially eliminate the initial radiation beams having a wavelength outside the desired range. The inventive method is characterised in that the filtering is carried out by setting up a controlled distribution of the refractive index of the beams in a control region through which the initial radiation passes, in such a way as to selectively deviate the beams of the initial radiation according to the wavelength thereof and to recover the beams having desired wavelengths. The invention also relates to an associated device.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de génération dans une direction d'émission d'un rayonnement dans une gamme de longueurs d'onde désirées, ledit procédé comprenant la production d'un rayonnement initial par une source de rayonnement, dont les longueurs d'onde incluent ladite gamme désirée. Le filtrage dudit rayonnement initial, de manière à substantiellement éliminer les rayons du rayonnement initial dont la longueur d'onde est hors de ladite gamme désirée, est caractérisé en ce que ledit filtrage est réalisé en instaurant une répartition contrôlée d'indice de réfraction des rayons dans une région de contrôle traversée par le rayonnement initial, de manière à dévier sélectivement les rayons du rayonnement initial en fonction de leur longueur d'onde et à récupérer les rayons de longueurs d'onde désirées. L'invention concerne également un dispositif associé.

WO 2005/038822 A2



(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Déclaration en vertu de la règle 4.17 :**

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement

**Publiée :**

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

## SOURCE A PLASMA DE RAYONS DIRIGES ET APPLICATION A LA MICROLITHOGRAPHIE

La présente invention concerne la génération d'un rayonnement de longueurs d'onde désirées.

Plus précisément, l'invention concerne un procédé de génération dans une direction d'émission d'un rayonnement dans une gamme de longueurs d'onde désirées, ledit procédé comprenant :

- La production d'un rayonnement initial par une source de rayonnement, dont les longueurs d'onde incluent ladite gamme désirée,
- Le filtrage dudit rayonnement initial, de manière à substantiellement éliminer les rayons du rayonnement initial dont la longueur d'onde est hors de ladite gamme désirée.

Et l'invention concerne également un dispositif de génération de rayonnement permettant de mettre en œuvre un tel procédé, ainsi qu'un dispositif de lithographie intégrant un tel dispositif de génération.

On connaît déjà des procédés et dispositifs du type mentionné ci-dessus.

Un exemple (non limitatif) de mise en œuvre concerne ainsi la génération d'un rayonnement de longueurs d'onde désirées à destination d'une chaîne optique, pour des applications de lithographie d'un substrat photosensible.

La figure 1 représente ainsi schématiquement un système optique 100, comprenant successivement :

- Un générateur 10 de rayonnement dans une gamme de longueurs d'onde désirées,
- Un ensemble de lentille 11 qui reçoit le rayonnement issu du générateur 10 et le traite (par exemple en lui appliquant une collimation et/ou une focalisation de ses rayons),
- Un masque 12 qui reçoit le rayonnement traité issu de l'ensemble de lentille, et n'en laisse passer sélectivement que les rayons arrivant sur la masque au niveau d'un motif 120 de transmission, le reste du rayonnement étant arrêté par le masque,

- Un substrat 13 qui reçoit les rayons ayant été transmis par le masque, et dont la surface exposée au rayonnement porte un produit photorésistif ou photosensible.

Les rayons arrivant sur le substrat réagissent avec le produit et forment  
5 ainsi sur la surface du substrat un motif correspondant au motif de transmission du masque.

La gamme de longueurs d'onde désirées du générateur 10 peut notamment être comprise dans le spectre ultra-violet (UV), ou dans le spectres extrême UV (EUV).

10 On précise que dans ce texte on désignera par convention par le terme « EUV » tant les rayons EUV que les rayons X mous.

Les rayons EUV sont associés à des longueurs d'onde très faibles (inférieures à 100 nm, par exemple de l'ordre de quelques dizaines de nm, une application correspondant à une longueur d'onde de 13,5 nm).

15 Ceci est avantageux notamment pour des applications en photolithographie, car de manière correspondante les motifs dessinés par les rayons peuvent être de très petites dimensions. Ceci permet notamment de former une plus grande quantité de motifs sur un substrat de même taille.

Il est cependant nécessaire d'associer au générateur de rayonnement  
20 des moyens de filtrage des rayons.

En effet, dans certains cas – notamment pour les générateurs de rayonnement d'une longueur d'onde du domaine EUV – le générateur comprend une source de rayonnement du type source à plasma.

Et de telles sources de rayonnement émettent, outre le rayonnement  
25 désiré :

- des rayonnements dont les longueurs d'onde ne correspondent pas à la gamme désirée, et/ou

- des débris solides issus de l'interaction entre le plasma et de parties solides de la chambre dans laquelle ce plasma se trouve (cible, parois de la chambre..).

Pour isoler dans le rayonnement issu de la source du générateur, uniquement les rayons de longueurs d'onde désirées, il est donc nécessaire de prévoir des moyens de filtrage en aval de la source (par exemple immédiatement en aval de la source, pour éviter d'exposer le masque à des débris qui pourraient l'endommager).

De manière connue, de tels moyens de filtrage comportent un miroir multicouche qui réfléchit sélectivement les rayons en fonction de leur longueur d'onde.

Un tel miroir multicouche fonctionne ainsi comme un filtre passe-bande.

Et il ne renvoie évidemment pas les débris indésirables qui peuvent être issus de la source, de sorte que les éléments se trouvant en aval des moyens de filtrage ne sont pas exposés à de tels débris.

Une telle solution permet effectivement de filtrer les rayons issus d'une source de rayonnement susceptible de produire des débris.

Mais un inconvénient associé à une telle configuration connue est que les débris issus de la source peuvent endommager le miroir des moyens de filtrage.

Il serait certes possible d'envisager d'éloigner lesdits moyens de filtrage de la source, de manière à diminuer la probabilité qu'un débris endommage le miroir de ces moyens de filtrage.

Mais dans ce cas, on diminuerait sensiblement le flux de rayonnement récupéré par les moyens de filtrage, ce qui dégraderait les performances de tout le système optique.

Il apparaît ainsi que les configurations connues pour générer un rayonnement de longueurs d'onde désirées sont associées à des inconvénients, lorsque la source de rayonnement est susceptible de générer des débris.

Et cet inconvénient concerne notamment les applications dans lesquelles les longueurs d'onde désirées appartiennent au domaine EUV.

Le but de l'invention est de permettre de s'affranchir de ces inconvénients.

5        Afin d'atteindre ce but, l'invention propose selon un premier aspect un procédé de génération dans une direction d'émission d'un rayonnement dans une gamme de longueurs d'onde désirées, ledit procédé comprenant :

- La production d'un rayonnement initial par une source de rayonnement, dont les longueurs d'onde incluent ladite gamme désirée,
- 10   ➤ Le filtrage dudit rayonnement initial, de manière à substantiellement éliminer les rayons du rayonnement initial dont la longueur d'onde est hors de ladite gamme désirée,

caractérisé en ce que ledit filtrage est réalisé en instaurant une répartition contrôlée d'indice de réfraction des rayons dans une région de contrôle  
15 traversée par le rayonnement initial, de manière à dévier sélectivement les rayons du rayonnement initial en fonction de leur longueur d'onde et à récupérer les rayons de longueurs d'onde désirées.

Des aspects préférés, mais non limitatifs d'un tel procédé sont les suivants :

- 20 • ladite répartition contrôlée d'indice de réfraction des rayons est obtenue par le contrôle de la répartition de densité d'électrons dans ladite région de contrôle,
- ladite région de contrôle est située dans un plasma,
- ledit plasma contenant ladite région de contrôle est lui-même contenu dans  
25 une chambre associée à ladite source de rayonnement,
- le contrôle de densité d'électrons est réalisé de manière à obtenir une densité d'électrons qui est plus importante à distance d'une ligne médiane d'émission du rayonnement initial que sur ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,

- ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial est une ligne droite de rayonnement initial et ledit rayonnement initial est produit par ladite source de rayonnement avec une répartition sensiblement axisymétrique autour de ladite ligne droite de rayonnement initial,
- 5 • pour obtenir ladite répartition de densité d'électrons on effectue dans ledit plasma un apport d'énergie le long de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
- ledit apport d'énergie est réalisé par ionisation du plasma le long de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
- 10 • pour réaliser ladite ionisation on effectue les opérations suivantes :
  - Etablissement d'une tension électrique aux bornes de la chambre contenant le plasma, lesdites bornes étant espacées selon la direction généralement définie par ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
  - 15 ➤ Application d'un faisceau énergétique au niveau de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
- pour récupérer les rayons de longueurs d'onde désirées on dispose en aval de ladite région de contrôle au moins une fenêtre pour sélectivement laisser passer des rayons de la gamme de longueurs d'onde désirées,
- 20 • chaque fenêtre est disposée sur ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial, avec une abscisse curviligne correspondant au lieu d'intersection desdits rayons de la gamme de longueurs d'onde désirées qui ont été déviés avec ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
- ladite gamme de longueurs d'onde désirées est incluse dans l'intervalle [0-  
25 100 nm],
- ladite gamme de longueurs d'onde désirées est incluse dans le spectre EUV.

Selon un deuxième aspect, l'invention propose également un dispositif de génération dans une direction d'émission d'un rayonnement dans une gamme de longueurs d'onde désirées, ledit dispositif comprenant :

- Une source de rayonnement initial dont les longueurs d'onde incluent ladite gamme désirée,
- Des moyens de filtrage dudit rayonnement initial, de manière à substantiellement éliminer les rayons du rayonnement initial dont la longueur d'onde est hors de ladite gamme désirée,

caractérisé en ce que lesdits moyens de filtrage comprennent des moyens pour instaurer une répartition contrôlée d'indice de réfraction des rayons dans une région de contrôle traversée par le rayonnement initial, de manière à dévier sélectivement les rayons du rayonnement initial en fonction de leur longueur d'onde et à récupérer les rayons de longueurs d'onde désirées.

Des aspects préférés, mais non limitatifs d'un tel dispositif sont les suivants :

- lesdits moyens pour instaurer une répartition contrôlée d'indice de réfraction comprennent des moyens pour contrôler la répartition de densité d'électrons dans ladite région de contrôle,
- ladite région de contrôle est située dans un plasma,
- ledit plasma contenant ladite région de contrôle est lui-même contenu dans une chambre associée à ladite source de rayonnement,
- lesdits moyens pour contrôler la répartition de densité d'électrons sont aptes à obtenir une densité d'électrons qui est plus importante à distance d'une ligne médiane d'émission du rayonnement initial que sur ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
- ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial est une ligne droite de rayonnement initial et lesdits moyens pour contrôler la répartition de densité d'électrons sont aptes à obtenir une densité d'électrons



sensiblement axisymétrique autour de ladite ligne droite de rayonnement initial,

- lesdits moyens pour contrôler la répartition de densité d'électrons comprennent des moyens pour apporter dans ledit plasma une énergie le long de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
- lesdits moyens pour apporter une énergie comprennent des moyens d'ionisation du plasma le long de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
- lesdits moyens pour apporter une énergie comprennent des moyens pour :
  - Etablir une tension électrique aux bornes de la chambre contenant le plasma, lesdites bornes étant espacées selon la direction généralement définie par ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
  - Appliquer un faisceau énergétique au niveau de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
- le dispositif comporte en aval de ladite région de contrôle au moins une fenêtre pour sélectivement laisser passer des rayons de la gamme de longueurs d'onde désirées,
- chaque fenêtre est disposée sur ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial, avec une abscisse curviligne correspondant au lieu d'intersection desdits rayons de la gamme de longueurs d'onde désirées qui ont été déviés avec ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
- le dispositif comprend un miroir multicouche de filtrage additionnel en association avec au moins certaines fenêtres,
- le dispositif comprend une pluralité de modules qui comportent chacun une source de rayonnement initial et des moyens de filtrage associés, ainsi qu'un moyen optique permettant de recueillir les rayonnements faisant l'objet d'un filtrage pour les rediriger hors du dispositif.
- ledit moyen optique est un miroir multicouche qui est également apte à finaliser le filtrage desdits rayonnements,

- ladite gamme de longueurs d'onde désirées est incluse dans l'intervalle [0-100 nm],
- ladite gamme de longueurs d'onde désirées est incluse dans le spectre EUV.

5 Et l'invention concerne enfin un dispositif de lithographie comprenant un dispositif de génération selon un des aspects ci-dessus.

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description suivante de l'invention, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels, outre la figure 1 qui a déjà été commentée ci-

10 dessus :

- la figure 2 est un schéma de principe d'un générateur de rayonnement selon l'invention,
- la figure 3 est une représentation similaire, illustrant une répartition de densité d'électrons qui est contrôlée de manière particulière dans le cadre
- 15 de l'invention,
- la figure 4 illustre un mode particulier de mise en œuvre de l'invention avec une pluralité de source de rayonnement.

En référence à la figure 2, on a représenté schématiquement un générateur 20 de rayonnement selon l'invention.

20 Ce générateur de rayonnement comprend une chambre 21 qui est généralement fermée mais dont un côté 210 est ouvert pour laisser passer les rayons issus de la chambre.

La chambre 21 comporte une source 211 apte à produire un rayonnement initial R0.

25 Il s'agit typiquement d'une source contenant un plasma.

Le rayonnement initial comporte des rayons dont la longueur d'onde correspond à une gamme de longueurs d'onde désirées

Dans une application préférée mais non limitative de l'invention, la gamme de longueurs d'onde désirées est incluse dans l'intervalle [0-100 nm].

Cette gamme de longueurs d'onde désirées peut ainsi être incluse dans le spectre EUV.

La chambre 21 est ainsi apte à produire un rayonnement initial, dont une quantité significative de rayons correspondent à la gamme de longueurs d'onde  
5 désirées.

Comme cela a été mentionné, il est toutefois possible que des effets indésirables soient associés à l'émission de la source :

- le rayonnement initial peut également contenir des rayons dont les longueurs d'onde ne correspondent pas exactement à la gamme désirée,
- 10 • et il est aussi possible que la source 211 émette certains débris avec le rayonnement initial.

Pour prévenir ces effets indésirables, le générateur 20 comprend des moyens de filtrage du rayonnement initial.

Et ces moyens de filtrage sont aptes à instaurer une répartition contrôlée d'indice de réfraction des rayons<sup>1</sup>, dans une région de contrôle 212 traversée  
15 par le rayonnement initial, de manière à dévier sélectivement les rayons du rayonnement initial en fonction de leur longueur d'onde.

On récupère ensuite (notamment par les moyens qui vont être décrits dans ce texte) les rayons de longueurs d'onde désirées.

20 On exploite ainsi un principe physique analogue à celui qui provoque par exemple la déviation de rayons lumineux en présence d'un gradient d'indice de réfraction de l'air (cas notamment d'un air présentant de forts gradients de température).

La région de contrôle est dans le cas de la représentation de la figure 2  
25 située à l'intérieur même de la chambre 21.

On précise qu'il est également possible que cette région de contrôle soit située en dehors de la chambre 21, en aval de celle-ci sur le trajet du rayonnement initial.

---

<sup>1</sup> Est-il possible de définir plus précisément l'indice de réfraction des rayons ?

Le contrôle de la répartition d'indice de réfraction dans la région de contrôle peut être obtenu en contrôlant la répartition de densité d'électrons dans ladite région de contrôle.

A cet égard, il est en effet possible d'exploiter la relation liant l'indice de  
5 réfraction  $\eta$  à la densité d'électrons  $n_e$  :

$\eta = (1 - n_e/n_c)^{1/2}$  (avec  $n_c$  représentant une valeur de densité d'électrons critique au-delà de laquelle les rayons ne peuvent plus passer – cette valeur de  $n_c$  étant liée à la longueur d'onde des rayons considérés).

Revenant au mode de réalisation illustré sur la figure 2, la région de  
10 contrôle 212 est donc située dans la chambre 21, et cette région de contrôle est ainsi dans le plasma associé à la source 211.

Le contrôle de la répartition de la densité d'électrons dans la région de contrôle permet d'influer sur les trajectoires des différents rayons du rayonnement initial, en fonction de la longueur d'onde de ces rayons.

15 Ceci est illustré sur la figure 2, qui montre deux trajectoires générales de deux types de rayons :

- des rayons d'une première longueur d'onde  $\lambda_1$ . Ces rayons ont une trajectoire R1,
- des rayons d'une deuxième longueur d'onde  $\lambda_2$ , qui est inférieure à la  
20 première longueur d'onde  $\lambda_1$ . Ces rayons ont une trajectoire R2.

Dans l'application préférée de l'invention qui est ici illustrée on établit dans la région de contrôle une répartition de densité d'électrons telle que la densité d'électrons est plus importante à distance d'une ligne médiane d'émission du rayonnement initial que sur ladite ligne médiane d'émission du  
25 rayonnement initial.

La « ligne médiane d'émission du rayonnement initial » correspond dans le cas de la figure 2 à la ligne droite A. On précise que dans le cas illustré ici, la chambre a typiquement une forme de cylindre rond et que le rayonnement initial

est émis avec une répartition sensiblement axisymétrique des rayons, autour de la ligne A.

La configuration de la répartition de densité d'électrons désirée dans ce cas est illustrée de manière schématique sur la figure 3, qui présente des courbes de densité d'électrons.

On constate sur cette figure que la valeur de densité d'électrons est plus importante sur les bords de la chambre (à distance de la ligne A) qu'au milieu de cette chambre (près de la ligne A).

On constate également que les trois courbes de densité d'électrons qui sont représentées divergent dans la région périphérique de la chambre. On reviendra sur cet aspect.

On notera qu'une telle répartition de densité d'électrons est opposée à la répartition de densité d'électrons que l'on peut normalement observer dans la chambre d'une source de rayonnement.

Dans le cas d'une chambre de type connu en effet, on observe généralement une densité supérieure au centre de la chambre.

La configuration de densité représentée sur la figure 3 est ainsi spécifique, et elle est créée à dessein pour l'application de l'invention que l'on décrit ici.

Pour créer une telle répartition de densité d'électrons dans la région de contrôle, on apporte dans le plasma de la chambre 21 une énergie le long de ladite ligne A.

Cet apport d'énergie peut être effectué par exemple par un faisceau d'électrons ou par un rayon laser, dirigé dans la région de contrôle selon l'axe défini par la ligne A.

Cet apport d'énergie est illustré de manière schématique par la flèche E.

Il permet d'ioniser le plasma dans la région de contrôle, le long de la ligne A.

Préalablement à cet apport d'énergie, on a pu établir une tension électrique à des bornes de la chambre contenant le plasma, lesdites bornes

étant espacées selon la direction généralement définie par ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial.

La figure 3 représente schématiquement de telles bornes 2121 et 2122.

Et il est ainsi possible de créer une répartition de densité d'électrons du type de celles représentées sur la figure 3.

On précise qu'une telle répartition peut être obtenue en partant d'une répartition de densité de type connue, dans laquelle la densité est supérieure au centre de la chambre.

L'apport d'énergie et l'ionisation qui lui est associée permet en effet dans ce cas de « renverser » la configuration de densité, et d'obtenir une densité supérieure près des parois périphériques de la chambre.

La figure 3 présente comme on l'a dit trois courbes de répartition de densité.

Ces trois courbes sont sensiblement confondues dans la région centrale de la chambre (près de la ligne A), mais correspondent à des valeurs différentes de densité près des parois de la chambre.

Ces trois courbes correspondent à des états successifs de la répartition de densité d'électrons, lorsqu'une ionisation de la zone centrale de la région de contrôle a été effectuée.

A l'issue d'une telle ionisation, on trouve une densité d'électrons qui est déjà supérieure en périphérie de la région de contrôle.

Mais si on laisse ensuite évoluer le plasma qui a ainsi été ionisé, cette configuration va ensuite s'accroître, et la valeur de la densité va encore croître en périphérie.

En effet, les électrons de haute densité présents en grande quantité à la périphérie de la chambre vont avoir tendance à faire fondre les parois internes de cette chambre, monocouche de revêtement de paroi par monocouche de revêtement de paroi.

Il résultera de cette fusion un apport supplémentaire d'électrons en périphérie de la chambre, ce qui augmentera encore la densité d'électrons à ce niveau.

En référence spécifiquement à la figure 2, on a représenté une fenêtre  
5 222 qui est disposée au point focal des rayons de trajectoire R2.

Cette fenêtre correspond à un moyen de récupération des rayons de longueurs d'onde désirées, parmi les rayons du rayonnement initial.

On a vu que les différents rayons issus du rayonnement initial R0 étaient déviés de manière différente par la répartition de densité d'électrons qui régnait  
10 dans la région de contrôle, en fonction de leur longueur d'onde.

Cette déviation sélective amène les rayons associés à une longueur d'onde donnée à converger vers un point spécifique de la ligne A – et on désignera ce point spécifique par « point focal ».

La position du point focal sur la ligne A (position pouvant être définie par  
15 une abscisse curviligne d'un repère lié à ladite ligne A) dépend ainsi de la longueur d'onde associée à ce point focal.

On a représenté sur la figure 2 les points focaux F1 et F2 associés respectivement aux rayons des trajectoires R1 et R2.

La fenêtre 222 est ainsi disposée au point focal F2.

20 Cette fenêtre a pour fonction de ne laisser passer que les rayons arrivant sur la ligne A sensiblement au niveau du point focal F2 (c'est à dire les rayons de longueur d'onde  $\lambda_2$ ). A cet effet, la fenêtre 222 comporte une ouverture 2220 qui est de préférence centrée sur la ligne A.

25 Cette fenêtre constitue ainsi un moyen avantageux pour récupérer uniquement les rayons de longueurs d'onde désirées ; elle améliore ainsi le filtrage des rayons issus du rayonnement initial.

Et on peut de la sorte disposer des fenêtres en tout emplacement désiré de la ligne A, en fonction de la longueur d'onde que l'on désire isoler.

On comprend donc que l'invention permet d'isoler de manière efficace des rayons d'une longueur d'onde désirée (ou de longueurs d'onde désirées, en toute rigueur).

Et dans le cas de l'invention, on n'expose pas un moyen de filtrage tel qu'un miroir multicouche à des débris susceptibles de l'endommager.

Dans le cas de l'invention, le fait de récupérer les rayons désirés en un point spécifique vers lequel ils ont été déviés permet déjà de s'affranchir d'une part importante des éventuels débris. issus de la source 21.

Et la mise en œuvre de moyens de récupération tels qu'une fenêtre permet de réduire encore le nombre de ces débris.

Il en résulte qu'à l'issue de ce filtrage, il ne se trouve plus du tout de débris – ou seulement un nombre très réduit.

On précise qu'il est possible de disposer en aval du point focal des rayons que l'on désire récupérer des moyens de conditionnement optique du faisceau formé par ces rayons filtrés.

Le conditionnement optique peut être en particulier une collimation et/ou une focalisation.

On peut ainsi diriger le faisceau récupéré directement vers un masque de lithographie.

Il est également possible de diriger le faisceau récupéré vers des moyens de filtrage supplémentaires, si cela est désiré.

De tels moyens de filtrage supplémentaires peuvent comprendre un miroir multicouche tel que ceux qui constituent les moyens de filtrage connus actuellement.

Les couches d'un tel miroir multicouche sont définies (composition, et épaisseur) pour que le miroir réfléchisse sélectivement uniquement les rayons d'une longueur d'onde donnée (en fonction d'une condition dite de Bragg qui lie la réflectivité du miroir à la longueur d'onde des rayons incidents).

Dans cette variante, on utilise en série plusieurs moyens de filtrage. Et le moyen le plus amont qui met en œuvre une déviation sélective de rayons et



leur récupération permet alors de protéger le moyen le plus aval (miroir multicouche) des débris issus de la source.

On précise enfin qu'il est possible de mettre en œuvre l'invention dans un dispositif comprenant une pluralité de sources de rayonnement initial, chacune associée à des moyens permettant de contrôler une répartition d'indice de réfraction dans une région de contrôle associée.

Ce mode de mise en œuvre est illustré schématiquement sur la figure 4.

Sur cette figure, une pluralité de chambres 21i qui sont analogues à la chambre 21 déjà décrite dirigent leurs rayonnements respectifs selon des lignes médianes respectives Ai, qui convergent vers une optique centrale 23.

L'optique centrale peut ainsi recevoir les rayons issus d'une ou plusieurs chambres 21i, en fonction des chambres qui sont actives.

La distance entre l'optique 23 et chaque chambre est ajustée pour sélectionner la longueur d'onde de filtrage de rayonnement associée à chaque chambre active.

Il est d'ailleurs ainsi possible de faire arriver sur l'optique 23 des rayons de différentes longueurs d'onde, provenant de différentes chambres.

En tout état de cause, l'optique 23 est apte à rediriger les rayons reçus vers l'extérieur – par exemple vers d'autres moyens de traitement optique (tels qu'un masque de lithographie).

### REVENDICATIONS

- 5 1. Procédé de génération dans une direction d'émission d'un rayonnement dans une gamme de longueurs d'onde désirées, ledit procédé comprenant :
- La production d'un rayonnement initial par une source de rayonnement, dont les longueurs d'onde incluent ladite gamme désirée,
  - Le filtrage dudit rayonnement initial, de manière à substantiellement
- 10 éliminer les rayons du rayonnement initial dont la longueur d'onde est hors de ladite gamme désirée,
- caractérisé en ce que ledit filtrage est réalisé en instaurant une répartition contrôlée d'indice de réfraction des rayons dans une région de contrôle traversée par le rayonnement initial, de manière à dévier sélectivement les
- 15 rayons du rayonnement initial en fonction de leur longueur d'onde et à récupérer les rayons de longueurs d'onde désirées.
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite répartition contrôlée d'indice de réfraction des rayons est obtenue par le
- 20 contrôle de la répartition de densité d'électrons dans ladite région de contrôle.
3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite région de contrôle est située dans un plasma.
- 25 4. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit plasma contenant ladite région de contrôle est lui-même contenu dans une chambre associée à ladite source de rayonnement.

5. Procédé selon l'une des deux revendications précédentes, caractérisé en ce que le contrôle de densité d'électrons est réalisé de manière à obtenir une densité d'électrons qui est plus importante à distance d'une ligne médiane d'émission du rayonnement initial que sur ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial.
6. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial est une ligne droite de rayonnement initial et ledit rayonnement initial est produit par ladite source de rayonnement avec une répartition sensiblement axisymétrique autour de ladite ligne droite de rayonnement initial.
7. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que pour obtenir ladite répartition de densité d'électrons on effectue dans ledit plasma un apport d'énergie le long de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial.
8. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit apport d'énergie est réalisé par ionisation du plasma le long de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial.
9. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que pour réaliser ladite ionisation on effectue les opérations suivantes :
- Etablissement d'une tension électrique aux bornes de la chambre contenant le plasma, lesdites bornes étant espacées selon la direction généralement définie par ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
  - Application d'un faisceau énergétique au niveau de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que pour récupérer les rayons de longueurs d'onde désirées on dispose en aval de ladite région de contrôle au moins une fenêtre pour sélectivement laisser passer des rayons de la gamme de longueurs d'onde désirées.

5

11. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que chaque fenêtre est disposée sur ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial, avec une abscisse curviligne correspondant au lieu d'intersection desdits rayons de la gamme de longueurs d'onde désirées qui ont été déviés avec ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial.

10

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite gamme de longueurs d'onde désirées est incluse dans l'intervalle [0-100 nm].

15

13. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite gamme de longueurs d'onde désirées est incluse dans le spectre EUV.

14. Dispositif de génération dans une direction d'émission d'un rayonnement dans une gamme de longueurs d'onde désirées, ledit dispositif comprenant :

20

➤ Une source de rayonnement initial dont les longueurs d'onde incluent ladite gamme désirée,

➤ Des moyens de filtrage dudit rayonnement initial, de manière à substantiellement éliminer les rayons du rayonnement initial dont la longueur d'onde est hors de ladite gamme désirée,

25

caractérisé en ce que lesdits moyens de filtrage comprennent des moyens pour instaurer une répartition contrôlée d'indice de réfraction des rayons dans une région de contrôle traversée par le rayonnement initial, de manière à dévier sélectivement les rayons du rayonnement initial en fonction de leur longueur d'onde et à récupérer les rayons de longueurs d'onde désirées.

30

**COMBINED DECLARATION, POWER  
OF ATTORNEY AND PETITION**

any country before my invention thereof or more than one year prior to this application, or patented or made the subject of an inventor's certificate in any foreign country prior to the date of this application on an application filed by myself or my legal representatives or assigns more than twelve months prior to this application in this country; that I acknowledge my duty to disclose information of which I am aware which is material to the examination of this application in accordance with 37 C.F.R. 1.56(a); that, insofar as the subject matter of each of the claims of this application is not disclosed in said earlier application(s) in the manner provided by 35 U.S.C. Section 112, first paragraph, I acknowledge my duty to disclose information that is material to examination of this application which occurred between the filing date of said earlier pending application(s) relied upon under 35 U.S.C. 120 and the filing date of this application, and that no application for patent or inventor's certificate on this invention or discovery has been filed by me or my legal representatives or assigns in any country foreign to the United States, except as follows:

None

**POWER OF ATTORNEY**

I hereby appoint the attorneys associated with Customer Number 42419 to prosecute this application and transact all business in the United States Patent and Trademark Office connected therewith.

**SEND CORRESPONDENCE TO:**

Nick C. Kottis  
Pauley Petersen & Erickson  
2800 West Higgins Road; Suite 365  
Hoffman Estates, Illinois 60195  
TEL (847) 490-1400  
FAX (847) 490-1403

**DIRECT TELEPHONE CALLS TO:**

Nick C. Kottis  
(847) 490-1400  
(847) 490-1403 - Fax

**PETITION**

Wherefore I Pray that Letters Patent be granted to me for the invention or discovery described and claimed in the attached specification and claims, and I hereby subscribe my name to the attached specification and claims, Declaration, Power of Attorney and this Petition.

15. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lesdits moyens pour instaurer une répartition contrôlée d'indice de réfraction comprennent des moyens pour contrôler la répartition de densité d'électrons dans ladite région de contrôle.
16. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite région de contrôle est située dans un plasma.
17. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit plasma contenant ladite région de contrôle est lui-même contenu dans une chambre associée à ladite source de rayonnement.
18. Dispositif selon l'une des deux revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits moyens pour contrôler la répartition de densité d'électrons sont aptes à obtenir une densité d'électrons qui est plus importante à distance d'une ligne médiane d'émission du rayonnement initial que sur ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial.
19. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial est une ligne droite de rayonnement initial et lesdits moyens pour contrôler la répartition de densité d'électrons sont aptes à obtenir une densité d'électrons sensiblement axisymétrique autour de ladite ligne droite de rayonnement initial.
20. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lesdits moyens pour contrôler la répartition de densité d'électrons comprennent des moyens pour apporter dans ledit plasma une énergie le long de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial.

21. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lesdits moyens pour apporter une énergie comprennent des moyens d'ionisation du plasma le long de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial.
- 5 22. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que lesdits moyens pour apporter une énergie comprennent des moyens pour :
- Etablir une tension électrique aux bornes de la chambre contenant le plasma, lesdites bornes étant espacées selon la direction généralement définie par ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial,
  - 10 ➤ Appliquer un faisceau énergétique au niveau de ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial.
23. Dispositif selon l'une des neuf revendications précédentes caractérisé en ce que le dispositif comporte en aval de ladite région de contrôle au moins une
- 15 fenêtre pour sélectivement laisser passer des rayons de la gamme de longueurs d'onde désirées.
24. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que chaque
- 20 fenêtre est disposée sur ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial, avec une abscisse curviligne correspondant au lieu d'intersection desdits rayons de la gamme de longueurs d'onde désirées qui ont été déviés avec ladite ligne médiane d'émission du rayonnement initial.
25. Dispositif selon l'une des deux revendications précédentes, caractérisé en
- 25 ce que le dispositif comprend un miroir multicouche de filtrage additionnel en association avec au moins certaines fenêtres.
26. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le
- 30 dispositif comprend une pluralité de modules qui comportent chacun une source de rayonnement initial et des moyens de filtrage associés, ainsi

qu'un moyen optique permettant de recueillir les rayonnements faisant l'objet d'un filtrage pour les rediriger hors du dispositif.

5 27. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit moyen optique est un miroir multicouche qui est également apte à finaliser le filtrage desdits rayonnements.

10 28. Dispositif selon l'une des quatorze revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite gamme de longueurs d'onde désirées est incluse dans l'intervalle [0-100 nm].

29. Dispositif selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite gamme de longueurs d'onde désirées est incluse dans le spectre EUV.

15 30. Dispositif de lithographie comprenant un dispositif de génération selon une des seize revendications précédentes.



1 / 2

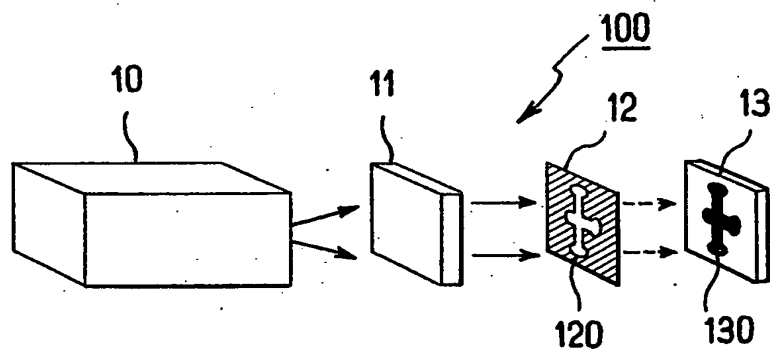


FIG.1

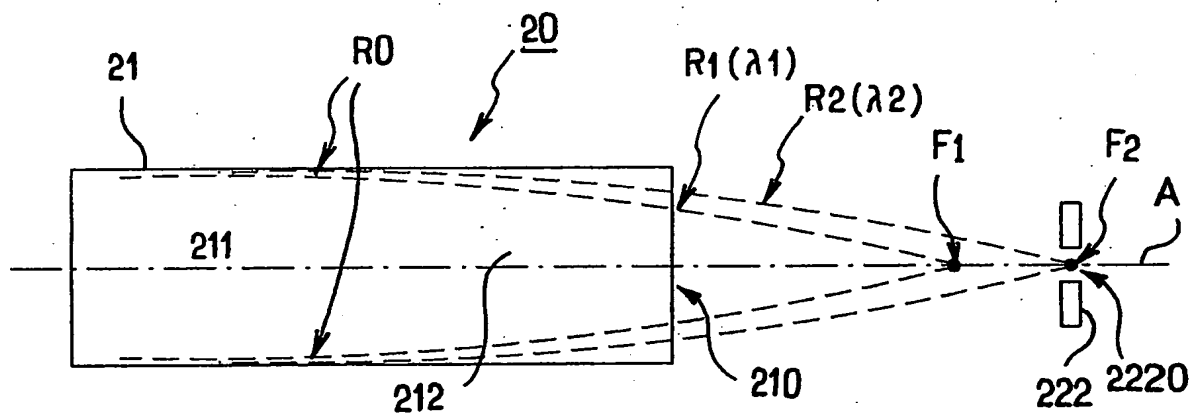


FIG.2

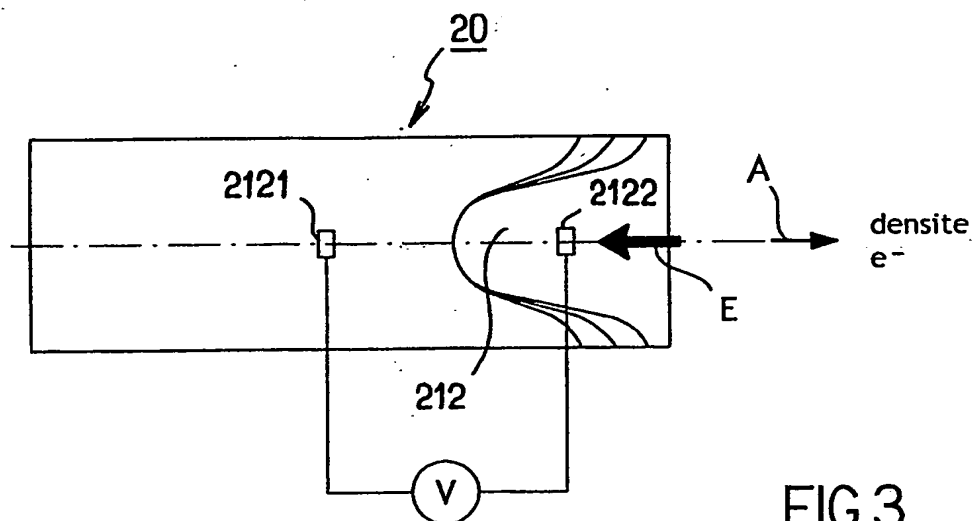
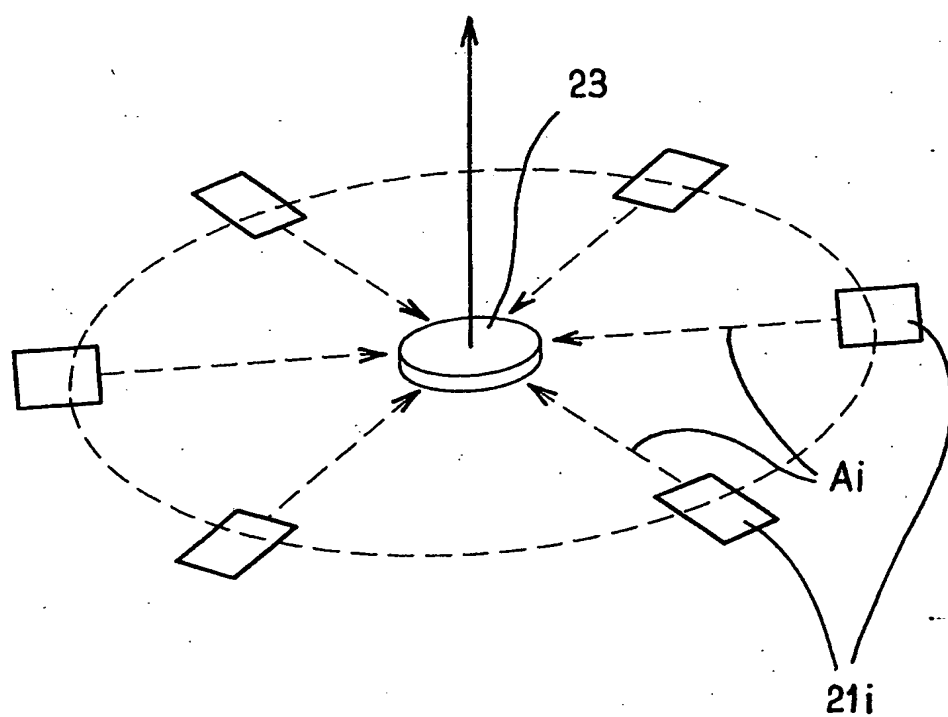


FIG.3

2/2

FIG.4